

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**(54) HEAT EXCHANGER**

(11) 62-288495 (A) (43) 15.12.1987 (19) JP

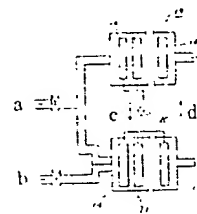
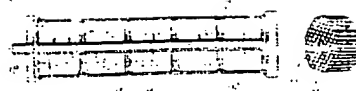
(21) Appl. No. 61-129716 (22) 3.6.1986

(71) SUMITOMO METAL IND LTD(1) (72) AKIRA ONISHI(4)

(51) Int. Cl. F2SD20 00

**PURPOSE:** To improve an effective thermal conductivity in a hydrogen occluded alloy and increase the filling rate of the hydrogen occluded alloy by a method wherein filter type wire nets are attached to both ends of respective honeycomb type tubular bodies and a filter is provided at the outlet and inlet port of the hydrogen gas for a vessel while the honeycomb type tubular bodies and a communicating tube are provided with a multitude of fine opening holes.

**CONSTITUTION:** A high-pressure side alloy 21 is filled with hydrogen and high-temperature waste gas is supplied to low-pressure side and high-pressure side alloys 19, 21 to increase the temperature of the hydrogen. A communicating valve 20 is opened after the equilibrium hydrogen pressure of the high-pressure side alloy 21 increases. The hydrogen gas released out of the high-pressure side alloy 21 moves to the low-pressure side alloy 10 and is occluded into the low-pressure side alloy 19, whereby exothermic reaction is caused. In other words, the hydrogen gas, flowing into the low-pressure side reaction vessel 14 through the outlet and inlet port 18 of the hydrogen gas, is occluded into hydrogen occluded alloys filled into the tubular body 11 through fine openings bored on the tubular body 11 and a communicating tube 12 from a filter 17, whereby the exothermic reaction is caused. Heat generated by the reaction, is transferred to the wall surface of the vessel and, then, is transferred to a medium which flows along the outer wall surface of the vessel 14.



15: spacer, 16: filter type wire net, a: high-temperature waste heat, b: cooling liquid, c: H<sub>2</sub> gas reproduced, d: heat retrieval

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-288495

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

④ 公開 昭和62年(1987)12月15日

F 28 D 20/00

F-7380-3L

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑬ 発明の名称 熱交換器

⑭ 特 願 昭61-129716

⑮ 出 願 昭61(1986)6月3日

⑯ 発 明 者 大 西 晶 尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式会社中央技術研究所内  
⑰ 発 明 者 水 島 朝 香 大阪市東区北浜5丁目15番地 住友金属工業株式会社内  
⑱ 発 明 者 高 島 啓 行 尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式会社中央技術研究所内  
⑲ 出 願 人 住友金属工業株式会社 大阪市東区北浜5丁目15番地  
⑳ 出 願 人 住金大阪プラント工事株式会社 大阪市此花区島屋5丁目1番109号  
㉑ 代 理 人 弁理士 溝上 満好 外1名  
最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

熱 交 換 器

2. 特許請求の範囲

(1) 容器とこの容器の中心部に設置された連通管とで形成される環状空間内に、その内部に水素吸蔵合金を充填してなる金属箔のハニカム状筒体を長手方向に多段状に設けると共に、これら各ハニカム状筒体間に所要の間隙を設けて相対する各ハニカム状筒体の両端部にフィルター状金網を取付け、また、前記容器内への水素ガスの出入口にはフィルターを設置し、かつ、前記ハニカム状筒体及び連通管に多数の微細開孔を設けて成ることを特徴とする熱交換器。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、水素吸蔵合金を用いた熱交換器に関するものである。

(従来の技術)

水素吸蔵合金は、合金特有のある温度、圧力条

件下で水素ガス(以下「H<sub>2</sub>ガス」という)を吸蔵して発熱反応を起こし、また、別のある温度、圧力条件下でH<sub>2</sub>ガスを脱蔵して吸熱反応を起こすことが一般に知られている。しかして、この特性を利用することで2種類の水素吸蔵合金を使ってヒートポンプシステムを構成することができる。すなわち、2種類の水素吸蔵合金の組合せ方によって第3図に示すような降温サイクル(D→BにH<sub>2</sub>ガスを移動させる時にDで冷熱を作る)や第4図に示すような昇温サイクル(C→AにH<sub>2</sub>ガスを移動させる時にAで高温を作る)を作ることができるからである。

この場合、水素吸蔵合金からの発熱あるいは吸熱エネルギーをすばやく回収することが水素吸蔵合金の反応を促進させることになり、ひいては単位時間当りの発生出力を向上させることになる。従って、水素吸蔵合金を利用した熱交換器としては以下に列挙する条件が要求される。

① 水素ガスの通気性が良好であること。

水素吸蔵合金の反応を急激に行なわせて高熱を

発生させると同時に、短時間で反応させて単位時間当りの発生出力を向上させるためには、熱交換器内における $H_2$ ガスの通気性が良好でなければならない。

② 熱交換器の伝熱特性が良好であること。

水素吸蔵合金からの発熱や吸熱エネルギーをすばやく熱交換流体に回収するためには、伝熱面積が広く、伝熱抵抗が小さいことが必要である。一般に水素吸蔵合金は顆粒状であるため、水素吸蔵合金層中に伝熱促進材を充填して有効熱伝導率を向上させる事が必要である。

③ 熱交換器の機械的強度及び耐水素脆性が良好であること。

水素吸蔵合金は、高圧水素と急激な反応（発熱反応）を起こさせた場合には内部温度は部分的に高温（約500℃）となる場合がある。また、水素吸蔵合金は、水素を吸蔵することによって体積膨張を起こすため、熱交換器は熱伝導率が良いばかりでなく、高温、高圧に耐え、かつ、耐水素脆性が良好なものでなければならない。

④ 金属水素化物の粉末を飛散させないこと。

金属水素化物は、水素の吸蔵、放出を繰返すことによって微粉化が起こり配管内に飛散してゆく。このことは、水素吸蔵合金が消耗するばかりでなく、バルブ、弁等に詰まったり、場合によっては相手側の合金内に入り込み、合金劣化を起こすことにもなる。従って、 $H_2$ ガスの供給管入口部には、 $H_2$ ガスは通過させるが、合金粉は通過させないフィルター（1～2μ程度）を設置することが必要である。

⑤ 熱交換器の熱容量を小さくすること。

水素吸蔵合金の単位重量当りの発熱量は一定であるため、効率よく熱回収を行なうためには熱交換器全体の重量（熱容量）を小さくし、顕熱ロスを最小限にして昇温幅を大きくし、すばやく熱媒流体に熱伝達を行なわなければならない。従って熱交換器の重量（熱容量）を小さくして顕熱ロスや放熱ロスを少なくしなければならない。

ところで、従来より採用されていた熱交換器は第5図に示すように、

①  $H_2$ ガスの通気性を改善するために、容器1の中央部に連通管2を挿通せしめ、容器1の長手方向両端部よりフィルター3を介して水素吸蔵合金へ $H_2$ ガスを移動させていた。

② 熱交換器の伝熱特性向上のため、すなわち水素吸蔵合金と容器1の外壁との熱伝導を円滑にするために水素吸蔵合金内に伝熱促進剤として金属海绵体（例えば「Niセルメット（商品名）」）4を充填していた。

しかしながら、前記したような水素吸蔵合金を用いた従来の熱交換器では、以下に示すような欠点があった。

(7) 水素吸蔵合金への $H_2$ ガスの移動が容器1の両端のみから行なわれるため、容器1の長手方向中央部に位置する水素吸蔵合金が $H_2$ ガスと反応するのに時間を要する。

(i) 金属海绵体4の空隙は連通孔ではないために水素吸蔵合金の充填作業に時間を要する上、充填率が低いため充填層の有効熱伝導率は低下し、更に、水素吸蔵合金の単位当りの容器重量（熱容量）

が大きくなって顕熱ロスが大きい。

(7) 金属海绵体4と容器1の壁面との接触状態が点接触又は線接触であるため熱伝導率が大幅に低下している。

従来の熱交換器は以上述べたような欠点を有していた為、水素吸蔵合金の反応速度の低下及び熱交換率の低下を招き、結果として単位時間当りの発生出力が小さくなっていた。

従来の熱交換器は第6図及び第7図に示す様に容器1の外壁面にガス又は熱媒等の熱交換流体を流して熱回収していたのであるが、前記した(7)、(7)の欠点を改善するための手段として特開昭60-101489号公報（第8図参照）や特開昭60-101490号公報が開示されている。

これらは、間隔を存してフィン5を熱交換チューブ6の外側に多段に積層すると共にこれらフィン5間に水素吸蔵合金を充填し、前記熱交換チューブ6内に熱交換流体を流すものである。そして、前記熱交換チューブ6及びフィン5の周囲一側面に長手方向の全長に亘ってフィルター3を設置す

ると共に、残部側面を閉塞して熱交換器本体7を形成している。

しかして、この熱交換器本体7を、 $H_2$ ガスの出入口8を有する圧力容器9内に装入して熱交換器を構成したものである。

(発明が解決しようとする問題点)

上記した構成の熱交換器は、水素吸蔵合金と熱交換流体との熱伝導性は非常に良好となるのであるが、以下に列挙するような問題がある。

(7) フィルター3近傍に位置する水素吸蔵合金はすばやく水素と反応するのであるが、内部に位置する水素吸蔵合金迄水素が移動して反応するのに時間を要する。

(4) 水素吸蔵合金の重量と比較して圧力容器9や熱交換チューブ6の重量(熱容量)が大きく顕熱ロスが大きい。

(9) 熱交換器本体7の製作、水素吸蔵合金の充填が困難であり水素吸蔵合金の充填率が低くなる。

(1) 熱交換流体として液体(熱媒)を使用した場合には熱伝導率は非常に良好となるのであるが、

熱交換流体が気体の場合には熱交換チューブ6内面の熱伝導係数が低くなって熱交換器全体として熱伝導性が低下する。

本発明は、このような問題点を解決できる熱交換器を提供せんとするものである。

(問題点を解決するための手段)

本発明に係る熱交換器は、容器とこの容器の中心部に設置された連通管とで形成される環状空間内に、その内部に水素吸蔵合金を充填してなる金属箔のハニカム状筒体を長手方向に多段状に設けると共に、これら各ハニカム状筒体間に所要の間隙を設けて相対する各ハニカム状筒体の両端部にフィルター状金網を取付け、また、前記容器内への水素ガスの出入口にはフィルターを設置し、かつ、前記ハニカム状筒体及び連通管に多数の微細開孔を設けて成ることを要旨とするものである。

(作 用)

本発明は、容器とこの容器の中心部に設置された連通管とで形成される環状空間内に、その内部

に水素吸蔵合金を充填してなる金属箔のハニカム状筒体を長手方向に多段状に設けると共に、これら各ハニカム状筒体間に所要の間隙を設けて相対する各ハニカム状筒体の両端部にフィルター状金網を取付け、また、前記容器内への水素ガスの出入口にはフィルターを設置し、かつ、前記ハニカム状筒体及び連通管に多数の微細開孔を設けて成る構成である為、先ず、熱伝導度の悪い水素吸蔵合金粒子を金属箔のハニカム状筒体内に充填することによって水素吸蔵合金内の有効熱伝導度が向上し、容器内壁面とハニカム箔が面接触するので熱抵抗は小さくなり、同時に水素吸蔵合金の充填率も上昇する。また、各ハニカム状筒体間に設けた間隙や連通管とハニカム状筒体に多数設けた微細開孔によって $H_2$ ガスの移動性が向上する。

(実 施 例)

以下、本発明を第1図及び第2図に示す一実施例に基づいて説明する。

第1図(イ)は本発明の一実施例を示す正面図中央縦断面図、(ロ)はハニカム状筒体の斜視図、

第2図は本発明における実施例のヒートポンプシステムを示す概略図である。

図面において、11は金属箔により製造されたハニカム状筒体であり、該筒体11の内部には水素吸蔵合金が充填せしめられている。また、この筒体11の中心部には後述する連通管12を買挿せしめるための貫通孔13が設けられ、しかも、この筒体11を形成する金属箔には多数の微細開孔( $\phi 1 \sim 2 \mu$ 程度)が開設せしめられている。

14は前記筒体11を長手方向に多段状に収納する容器であり、その中心部には前記筒体11と同様の多数の微細開孔を開設した連通管12が設置されている。

しかして、前記筒体11は容器14と連通管12とで形成された環状空間内に多段状に設置されることになるのであるが、本発明にあっては、夫々の筒体11間にスペーサ15を介在させると共に、これら相対する両端部にフィルター状金網16を設けて各筒体11間に所要の間隙が存在するように成さしめているのである。

17は前記容器14内への $H_2$ ガスの出入口18に設置されたフィルターであり、水素吸蔵合金粉の飛散を防止するためのものである。

次に本発明熱交換器を用いたヒートポンプシステムについて説明する。

この第2図に示すものは、第4図に示す昇温サイクル(ヒートポンプ)システムであり、先ず水素を高圧側合金21に充填しておき、低圧側及び高圧側合金19、21に高温廃熱を供給し水素を昇温するのである。そして、高圧側合金21の平衡水素圧力が上昇した後、高圧側合金反応容器と低圧側合金反応容器との連絡弁20を開くのである。すると、高圧側合金21より放出された $H_2$ ガスは、低圧側合金19へ移動して、低圧側合金19に吸蔵され、発熱反応を起こすのである。

すなわち、第1図に示すように、低圧側反応容器14において、 $H_2$ ガス出入口18より容器14内に流入した $H_2$ ガスは、フィルター17から連通管12及び多段のハニカム状筒体11の間隙を介して前記筒体11や連通管12に開設された微細

開孔を通して筒体11内に充填されている水素吸蔵合金に吸蔵され、発熱反応を起こすのである。

そして、発生した熱は、筒体11を伝わり、これと面接触している容器14の壁面へ伝わり、容器14の外壁面を流れる媒体へと熱伝達されるのである。

この様に $H_2$ ガスの通気性の改善により $H_2$ ガスと水素吸蔵合金との反応速度が向上し、一方、容器14内の熱伝導性を改善した事により、 $H_2$ ガスとの反応で昇温した水素吸蔵合金の温度をすばやく降下させ、それによって水素吸蔵合金(低圧側)の平衡水素圧力は低下し、再び $H_2$ ガスとの反応速度は向上し、つぎつぎと容器14内の水素吸蔵合金は、所定の $H_2$ ガス吸蔵量を吸蔵するまですばやく $H_2$ ガスと発熱反応を起こして行くのであり、その結果、反応時間は大幅に短縮される。

また、 $H_2$ 回収サイクルでは、高圧側合金21に冷却流体を流し降温する。そして、高圧側合金21の平衡水素圧力が低下した後連絡弁20を開くと、 $H_2$ ガスは低圧側合金19より高圧側合金

21へ流れて高圧側合金21と発熱反応し、水素吸蔵合金に吸蔵されるのである(低圧側合金19は吸熱反応して $H_2$ ガスの放出が起こる)。この時、前記と同様に、 $H_2$ ガス通気性改善及び容器14内の熱伝導性の改善により、反応時間(サイクルタイム)は大幅に短縮されるのである。

実施結果を第1表に示す。第1表より明らかな如く、本発明の反応時間は、従来の15分に比べて大幅に短縮され、約5分になった。また、本発明で使用している金属箔のハニカム状筒体は従来用いていた金属海绵体の様に内部に閉空間がなく、水素吸蔵合金充填率が向上し、水素吸蔵合金充填作業も容易になった。その結果、水素吸蔵合金充填率は数90%まで向上し、容器係数(容器重量+合金重量)も約1.5と小さくなり、水素吸蔵合金単位当りの容器顕熱ロスも少なくなった。すなわち、同じ容器に水素吸蔵合金を充填した場合、従来に比べて本発明を用いると、水素吸蔵合金充填率で約2.3倍改善され、また、反応時間で約3倍の向上が図れた。故に単位時間当りの水素吸蔵

合金発熱量に換算すると、約6.7倍の効率アップが可能となった。

第 1 表

項 目	反 応 容 器	従 来	本 発 明
伝熱促進材(水素吸蔵合金充填母材)	ニッケル海绵体	アルミハニカム	
水素吸蔵合金充填量(kg)		1.3	3.0
充 填 率(%)		38	89
容 器 係 数(-)		3.0	1.5
熱回収反応時間(サイクルタイム)(分)		15	5.0
発 生 熱 量(kcal/hr)		80	540
水素吸蔵合金重量当り出力(kcal/hr・kg)		61	180

(容器:  $\phi 30 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$ )

(発明の効果)

以上説明したように本発明は、容器とこの容器

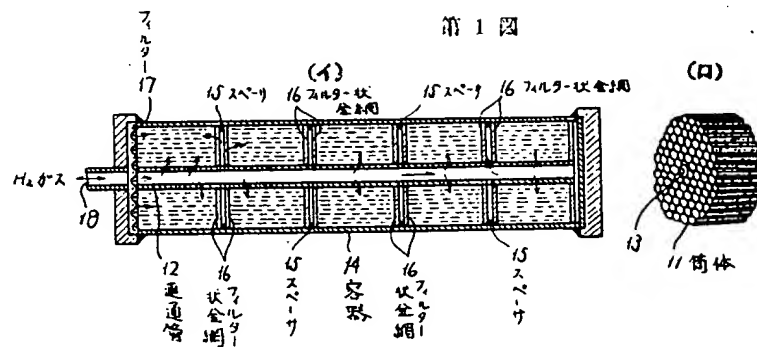


の中心部に設置された連通管とで形成される層状空間内に、その内部に水素吸蔵合金を充填してなる金属箔のハニカム状筒体を長手方向に多段状に設けると共に、これら各ハニカム状筒体間に所要の間隙を設けて相対する各ハニカム状筒体の両端部にフィルター状金網を取付け、また、前記容器内への水素ガスの出入口にはフィルターを設置し、かつ、前記ハニカム状筒体及び連通管に多数の微細開孔を設けて成る構成である為、先ず、熱伝導度の悪い水素吸蔵合金粒子を金属箔のハニカム状筒体内に充填することによって水素吸蔵合金内の有効熱伝導度が向上し、同時に水素吸蔵合金の充填率も上昇する。また、各ハニカム状筒体間に設けた間隙や連通管とハニカム状筒体に多数設けた微細開孔によって $H_2$ ガスの移動性が向上する。従って、本発明によれば単位水素吸蔵合金当りの顕熱ロスも少なくなると共に、水素吸蔵合金と $H_2$ ガスの反応時間が短縮して単位時間当りの発出力の向上が可能となる。

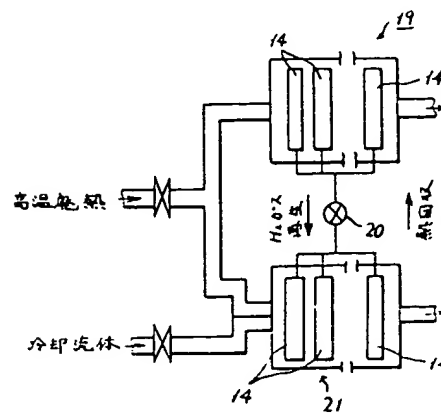
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(イ)は本発明に係る熱交換器の正面図、中央縦断面図、(ロ)は筒体の斜視図、第2図は本発明を用いたヒートポンプシステムの説明図、第3図は2種類の水素吸蔵合金を用いた降溫サイクル線図(降溫型ヒートポンプ)、第4図は2種類の水素吸蔵合金を用いた昇溫サイクル線図(昇溫型ヒートポンプ)、第5図は従来の熱交換器(金属海绵体を用いたもの)の第1図(イ)と同様の図、第6図は廃熱源として気体を用いた場合の第5図に示す熱交換器の概略図、第7図は、廃熱源として液体を用いた場合の第5図に示す熱交換器の概略図、第8図は従来の熱交換器(熱交換チューブ外側に水素吸蔵合金を充填したもの)の第1図(イ)と同様の図である。

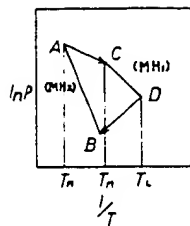
11は筒体、12は連通管、14は容器、15はスペーサ、16はフィルター状金網、17はフィルター。



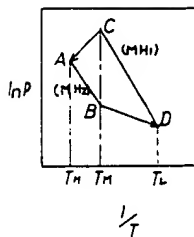
第2図



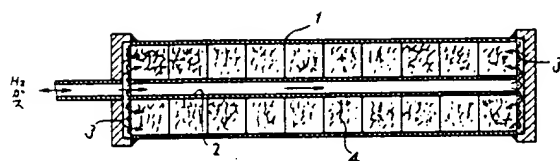
第 3 题



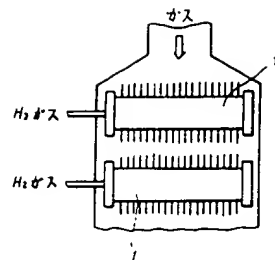
第 4 図



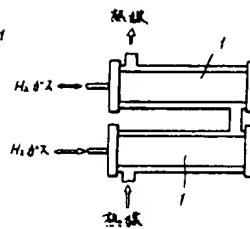
第 5 圖



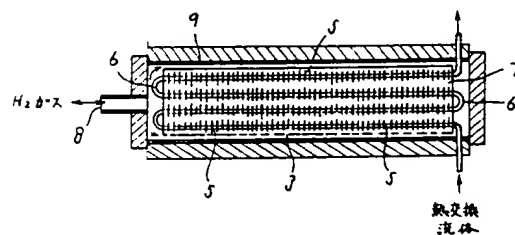
第 6 回



第 7 圖



第 8 圖



第1頁の続き

⑦<sup>2</sup> 発 明 者 播 木

道 春

尼崎市西長洲本通1丁目3番地 住友金属工業株式会社中央技術研究所内

⑦發明者 鏑木

勝彦

大阪市此花区島屋5丁目1番109号 住金大阪プラント工  
事株式会社内